

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-026843

(43)Date of publication of application : 29.01.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/07

G02B 6/00

H01S 3/17

(21)Application number : 09-182878

(71)Applicant : FUJIKURA LTD

(22)Date of filing : 08.07.1997

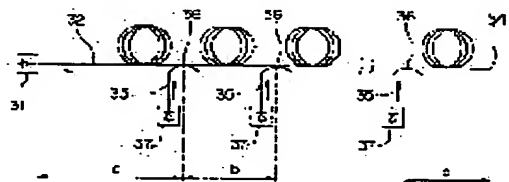
(72)Inventor : TSUMANUMA KOUJI

## (54) FIBER LASER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fiber laser which can oscillate a high output laser beam.

SOLUTION: The fiber laser includes a main laser fiber 32, a single or more pumping fibers 35 connected to the main fiber 32 through couplers 36 in a longitudinal direction of the fiber 32, amplifying pump light sources 37 for directing amplifying pump light to the pumping fibers 35, and a main pump light source 31 for directing main pump light from an incoming end of the main fiber 32 into the fiber 32. The main fiber 32 has a core added with a rare earth element, a larger diameter cladding layer surrounding the core, and a coating layer provided on the larger diameter cladding layer. The pumping fiber 35 forms a fiber laser which has the core and the coating layer formed thereon.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 28.10.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2003-23150

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 27.11.2003

[Date of extinction of right]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-26843

(43)公開日 平成11年(1999)1月29日

(51)Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	F I
H 0 1 S 3/07		H 0 1 S 3/07
G 0 2 B 6/00	3 0 1	G 0 2 B 6/00 3 0 1
H 0 1 S 3/17		H 0 1 S 3/17

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 4 頁)

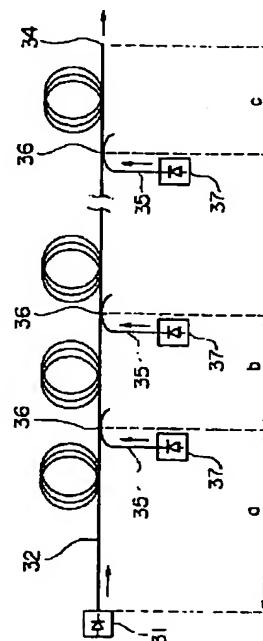
(21)出願番号	特願平9-182878	(71)出願人	000005186 株式会社フジクラ 東京都江東区木場1丁目5番1号
(22)出願日	平成9年(1997)7月8日	(72)発明者	妻沼 孝司 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉工場内
		(74)代理人	弁理士 志賀 正武 (外4名)

(54)【発明の名称】 ファイバレーザ

(57)【要約】

【課題】 高出力のレーザ光を発振できるファイバレーザを提供する。

【解決手段】 メインレーザファイバ32と、このメインレーザファイバ32の長さ方向にカブラ36を介して結合された1本以上のポンプピングファイバ35と、これらのポンプピングファイバ35に増幅用ポンプ光を入射する増幅用ポンプ光源37と、前記メインレーザファイバ32の入射端からメインポンプ光を入射するメインポンプ光源31を有し、前記メインレーザファイバ32は希土類元素が添加されたコアと、このコアを包囲する太径クラッドと、この太径クラッド上に設けられたコーティング層とからなり、前記ポンプピングファイバ35はコアと、この上に設けられたコーティング層とからなるファイバレーザを構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 メインレーザファイバと、このメインレーザファイバの長さ方向にカブラを介して結合された1本以上のポンプピングファイバと、これらのポンプピングファイバに増幅用ポンプ光を入射する増幅用ポンプ光源と、前記メインレーザファイバの入射端からメインポンプ光を入射するメインポンプ光源を有するファイバレーザであって、前記メインレーザファイバは希土類元素が添加されたコアと、このコアを包囲する太径クラッドと、この太径クラッド上に設けられたコーティング層とからなり、前記ポンプピングファイバはコアと、この上に設けられたコーティング層とからなることを特徴とするファイバレーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明はファイバレーザに関し、特に高出力のレーザ光が得られるファイバレーザに関する。

【0002】

【従来の技術】 図4は従来のファイバレーザの構造を示したもので、このファイバレーザはポンプ光源11とレーザファイバ12とから構成されている。レーザファイバ12として用いられるレーザ用光ファイバとしては、石英ガラスにエルビウム（Er）、ネオジム（Nd）などの希土類元素を添加（ドープ）した希土類元素添加石英ガラスからなるコアを有するシングルモードの光ファイバが知られている。前記ポンプ光源11からこのレーザファイバ12にポンプ光を入射すると、このポンプ光はレーザファイバ12においてある程度の長さを伝送されるうちに、このレーザファイバ12のコアに添加された希土類元素イオンが励起され、レーザ発振がおこり、出射端14からレーザ光が出射する。例えば波長0.85 $\mu$ mのレーザ光をポンプ光としてポンプ光源11から入射すると波長1.06 $\mu$ mのレーザ光が出射端14から出射する。

【0003】 しかしながら、希土類元素添加石英ガラスからなるコアを有するシングルモードの光ファイバは、コアの径が小さいため、ポンプ光のコアへの結合効率が低く、コア内のパワー密度を十分に高めることができず、レーザ発振出力を十分高くすることができない不都合があった。

【0004】 この不都合を解決し、高出力のレーザ光を出力できるものとして、図5に示すようなダブルクラッド型のレーザ用光ファイバが提案されている。このものは、希土類元素をドープした石英ガラスからなる外径Cが3～12 $\mu$ mのコア1と、このコア21を包囲する純粋石英ガラスからなる外径Aが400 $\mu$ m程度の太径の第1クラッド（太径クラッド）22と、この第1クラッド22の外周に設けられた屈折率が純粋石英よりも低い

樹脂、例えばフッ素含有アクリレート樹脂からなる外径Bが500 $\mu$ m程度の第2クラッド（コーティング層）23とを有するものである。

【0005】 このレーザ用光ファイバでは、コア径が比較的大きく、ポンプ光の結合効率が高くなること、太径の第1クラッド22に入射したポンプ光のかんりの部分が第1クラッド22とコア21内を伝搬するうちに、コア21内で増幅されることなどにより、高出力のレーザ光が得られるとされている。さらにこのダブルクラッド型レーザ用光ファイバにおいてコアを偏心させたり、外形を長方形とすることによって効率を高めたものなどが提案されている。しかし、このようなダブルクラッド型レーザ用光ファイバを用いても、出力は十分とはいいがたく、用途によっては使用に適しないこともあった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 よって、本発明における課題は、さらに高出力のレーザ光を発振できるファイバレーザを得ることにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 かかる課題は、メインレーザファイバと、このメインレーザファイバの長さ方向にカブラを介して結合された1本以上のポンプピングファイバと、これらのポンプピングファイバに増幅用ポンプ光を入射する増幅用ポンプ光源と、前記メインレーザファイバの入射端からメインポンプ光を入射するメインポンプ光源を有するファイバレーザであって、前記メインレーザファイバは希土類元素が添加されたコアと、このコアを包囲する太径クラッドと、この太径クラッド上に設けられたコーティング層とからなり、前記ポンプピングファイバはコアと、この上に設けられたコーティング層とからなることを特徴とするファイバレーザによって解決することができる。

【0008】

【発明の実施の形態】 図1は、本発明のファイバレーザの構造の一例を示すものである。図中符号31はメインポンプ光源であり、このメインポンプ光源31にはメインレーザファイバ32が接続されている。また、このメインレーザファイバ32においては、複数のカブラ36を介して増幅用ポンプピングファイバ35が接続され、この増幅用ポンプピングファイバ35の入射側末端には増幅用ポンプ光源37が設けられている。これら複数のカブラ36の相互間において、メインレーザファイバ32は増幅部を形成している。

【0009】 このような構成のファイバレーザにおいては、メインレーザファイバ32の入射端にメインポンプ光源31から発生したメインポンプ光が入射し、このメインレーザファイバ32を伝搬する一方、増幅用ポンプ光源37からポンプピングファイバ35に入射した増幅用ポンプ光が、カブラ36において前記メインポンプ光に結合するようになっている。つまり、前記メインポ

ンプ光がメインレーザファイバ32を伝搬するにおいて、随時前記増幅用ポンプ光によって増幅されるようになっている。この結果、出力端34から高出力のレーザ光を出射することができる。

【0010】前記メインレーザファイバ32は図5に示すダブルクラッド型レーザ用光ファイバであって、コア21の周囲に太径の第1クラッド（太径クラッド）22と第2クラッド（コーティング層）23が順次設けられたものである。コア21は石英ガラス、フッ化ジルコニウム、フッ化カルシウムなどのフッ化物ガラスなどのガラスにNd（ネオジウム）、Er（エルビウム）などの希土類元素をドープしたものからなり、第1クラッド22は、これらがドープされていない前記ガラスからなるものである。この例においてはコア21にはErが添加されている。また第2クラッド23は屈折率がこれらのガラスよりも低い樹脂、例えばフッ素含有アクリレート樹脂からなるものである。以下石英ガラスを用いた例について説明する。

【0011】前記コア21の外径Cは5～100 $\mu$ m、第1クラッド22の外径Aは200～500 $\mu$ m、第2クラッド23の外径Bは300～600 $\mu$ m程度とされる。前記第1クラッド22の外径Aはコア21の外径Cに対して4～40倍程度に十分大きく設定されているので、前記第1クラッド22を太径クラッドとよぶ。このように第1クラッド22の外径Aが十分に大きく設計されており、この第1クラッド22に入射したメインポンプ光の多くがコア21内を伝搬するうちに、高出力のレーザ光を得ることができるものである。この例においてコア21の外径Cは12 $\mu$ m、第1クラッド22の外径Aは400 $\mu$ m、第2クラッド23の外径Bは500 $\mu$ mとなっている。また、第1クラッド22の外形は、図5に示すように円形とすることもできるし、楕円形、あるいは長方形にすることもできる。楕円形あるいは長方形としたほうが円形の場合よりもコア21を通過する光密度が著しく増加するため、効率が良い。楕円形の場合、例えば長軸直径400 $\mu$ m、短軸直径200 $\mu$ mとされる。長方形の場合、例えば400×200 $\mu$ mとされる。

【0012】このメインレーザファイバ32に用いられるダブルクラッド型のレーザ用光ファイバは、例えば以下のようにして製造することができる。最初にVAD法などによってコア21となる多孔質プリフォームを作成し、この多孔質プリフォームを希土類元素化合物、例えば塩化エルビウムなどの水溶液に浸漬してプリフォーム中に希土類元素化合物を含浸し、ついで、これを加熱し透明ガラス化してコア用ガラスロッドとする。ついで、このコア用ガラスロッド上にVAD法などによって第1クラッド22となる多孔質ガラス粒子を堆積し、これを加熱透明化してガラス母材とする。

【0013】ついで、このガラス母材を熔融紡糸し、コ

ア21と第1クラッド22とからなるエレメントファイバとする。つぎにこのエレメントファイバを第2クラッド23となる合成樹脂にて被覆する。

【0014】前記ポンプピングファイバ35は図2に示すように、純粋石英ガラスからなる外径A'が400 $\mu$ m程度のコア41と、このコア41の外周に設けられた屈折率が純粋石英よりも低い樹脂、例えばフッ素含有アクリレート樹脂からなる外径B'が500 $\mu$ m程度のクラッド（コーティング層）42からなるものである。

【0015】ポンプピングファイバ35を構成する図2に示す構造のファイバは、純粋石英ガラスからなるガラス母材を形成し、これを熔融紡糸した後、クラッド42となる合成樹脂で被覆することによって得られる。

【0016】図3はカブラ36の断面図である。このカブラ36は、メインレーザファイバ32の第2クラッド23が20mm程度剥離されて露出された第1クラッド22と、ポンプピングファイバ35のクラッド42が20mm程度剥離されて露出されたコア41とが並列され、接触した状態で、これらの上に前記第2クラッド23とクラッド42の材料と同様のもので再度被覆して形成された一括被覆層38が設けられてなるものである。

【0017】このカブラ36においては、メインレーザファイバ32の第1クラッド22とポンプピングファイバ35のコア41とが接触している。これら第1クラッド22とコア41は、ともに純粋石英ガラスからなり、等しい屈折率を有するものである。このためポンプピングファイバ35のコア41を伝搬する増幅用ポンプ光がコア41から第1クラッド22にしみだし、さらにこの第1クラッド22からコア21にしみ込むようになっていく。

【0018】このようにポンプピングファイバ35は、コア41を伝搬する増幅用ポンプ光が、このコア41に接触している第1クラッド22にしみ出しやすい構造となっている。また、上述のようにメインレーザファイバ32の構造は、第1クラッド22に入射したポンプ光のかなりの部分が第1クラッド22からコア21内にしみ込みやすい構造となっている。すなわちこれらの組み合わせによって、増幅用ポンプ光がコア41と第2クラッド23を経てコア21にしみ込みやすくなり、この結果メインポンプ光に、前記増幅用ポンプ光の数十から100%を結合させ、効率よく増幅することができる。

【0019】前記カブラ36は、ひとつのカブラ36から入射した増幅用ポンプ光の増幅効果が使いつくされた頃に、つぎのカブラ36から増幅用ポンプ光が入射するように設置間隔が調整されている。通常カブラ36、ポンプピングファイバ35、増幅用ポンプ光源37は、ひとつのファイバレーザに対して2～50組程度設けられる。また前記カブラ36の設置間隔は、ファイバ長さとして数mから数十mとされる。この例においては、カブラ36、ポンプピングファイバ35、増幅用ポンプ光源

37を10組用い、図1に示すメインポンプ光源31からはじめのカブラ36までのファイバ長さaは50m、カブラ36相互間の間隔のファイバ長さbは50m、出力端34側のカブラ36から出力端34までのファイバ長さcは50mとなっている。

【0020】前記メインポンプ光源31、増幅用ポンプ光源37としては波長0.5～1.49 $\mu$ mのレーザ光をポンプ光として発生する半導体レーザなどが好適に用いられる。

【0021】(試験例) 上述の例と同様のファイバレーザを構成し、メインポンプ光源31から波長0.85 $\mu$ m、出力10wのレーザ光をメインポンプ光としてレーザファイバ32に入射し、増幅用ポンプ光源37からポンピングファイバ35とカブラ36を経て波長0.85 $\mu$ m、出力5wのレーザ光を増幅用ポンプ光としてレーザファイバ32に入射したところ、出射端34から波長1.06 $\mu$ mのレーザ光が出力30wで得られ、高出力のファイバレーザであることが確認できた。

【0022】

【発明の効果】以上説明したように本発明のファイバレーザにおいては、ポンプ光を高い結合効率で入射でき、そのパワー密度を十分に高めることができるレーザ用ファイバをメインレーザファイバとして用い、ポンピングファイバとしてコアとこれに被覆層が設けられた構造のものを、これらの合成樹脂からなるコーティング層を除去し、等しい屈折率を有する石英系材料からなる

部分を接触させることによってカブラを構成したので、増幅用ポンプ光源からポンピングファイバに入射される増幅用ポンプ光を効率よくメインレーザファイバを伝搬するメインポンプ光に結合させることができる。このように増幅用ポンプ光によって随時メインポンプ光を効率よく増幅することによって、高出力、高集光性のファイバレーザを構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のファイバレーザの一例を示す概略構成図である。

【図2】 本発明のファイバレーザに用いるポンピングファイバの一例を示す断面図である。

【図3】 本発明のファイバレーザのカブラの構造の一例を示す断面図である。

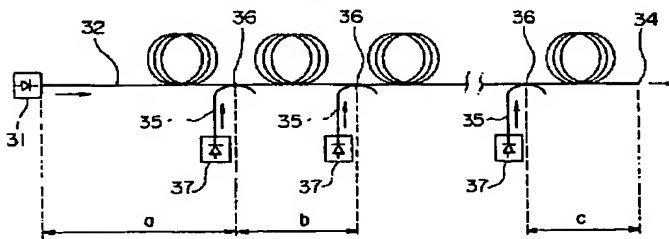
【図4】 従来のファイバレーザの一例を示す概略構成図である。

【図5】 本発明のメインレーザファイバとして用いるダブルクラッド型のレーザ用光ファイバの一例を示す断面図である。

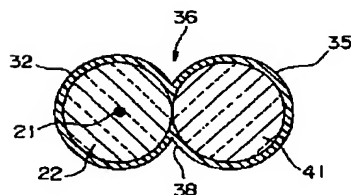
【符号の説明】

21…コア、22…第1クラッド(太径クラッド)、23…第2クラッド(コーティング層)、31…メインポンプ光源、32…メインレーザファイバ、35…ポンピングファイバ、36…カブラ、37…増幅用ポンプ光源、41…コア、42…クラッド(コーティング層)

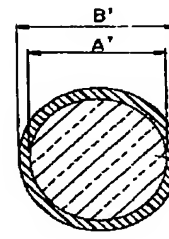
【図1】



【図3】



【図2】



【図5】

